

ЭЛЕКТРОНИКА

Лектор:

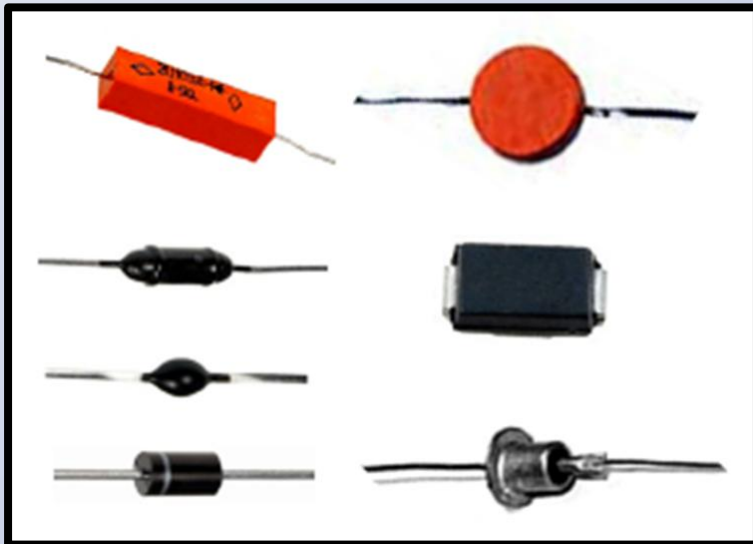
к.ф.-м.н. Алимгазинова Назгуль Шакаримовна

9.1 ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ ДИОДЫ

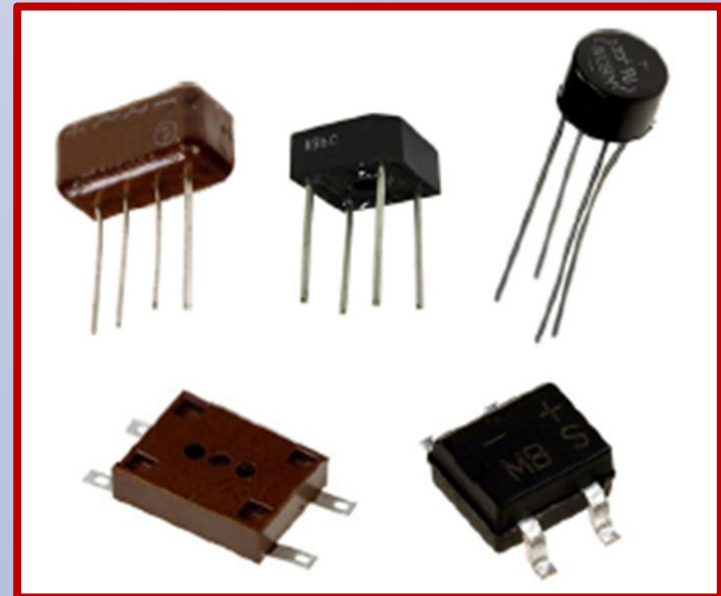
*Предназначены для выпрямления низкочастотного переменного тока, т.е. для преобразования переменного напряжения в постоянное.
Используются в устройствах питания.*

ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ ДИОДЫ

дискретное исполнение



диодные мосты



ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ ДИОДЫ

Плоскостные

*Германиевые или
кремниевые*

*Работоспособность
при температуре
р-п перехода:*

Ge – до 70-80°C;

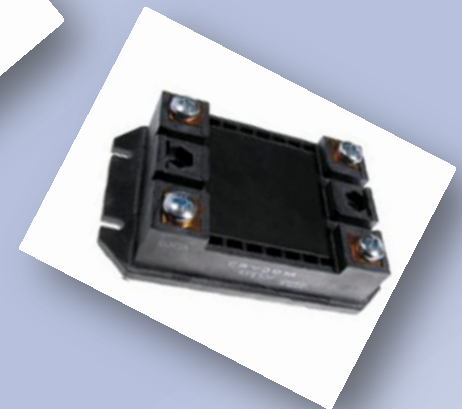
Si – до 120-150°C;

AsGa – до 150°C.

*Способны пропускать
большие токи*

*Работают на частоте
сети переменного
тока 50-60 Гц.*

*Имеют малые потери
в р-п переходе*



Основные параметры выпрямительных диодов:

1. $U_{пр\ ср}$ – *напряжение на диоде при протекании через него максимально допустимого выпрямленного тока.*
2. $I_{обр\ ср}$ – *ток, измеряемый при максимальном обратном напряжении.*
3. $U_{обр\ max}$ – *наибольшее постоянное (или импульсное) обратное напряжение, при котором диод может длительно и надежно работать.*
4. $I_{вп\ ср\ max}$ – *средний за период ток через диод (постоянная составляющая), при котором обеспечивается его надежная длительная работа.*
5. f_{max} – *наибольшая частота подводимого напряжения, при которой выпрямитель на данном диоде работает достаточно эффективно, а нагрев диода не превышает допустимой величины.*
6. $P_{ср\ д}$ – *мощность, рассеиваемая диодом при протекании тока в прямом и обратном направлениях.*



Германиевые диоды лучше кремниевых тем, что имеют меньшее прямое падение напряжения. Кремниевые диоды превосходят германиевые по диапазону рабочих температур, по максимально допустимому обратному напряжению, а также имеют меньший обратный ток.

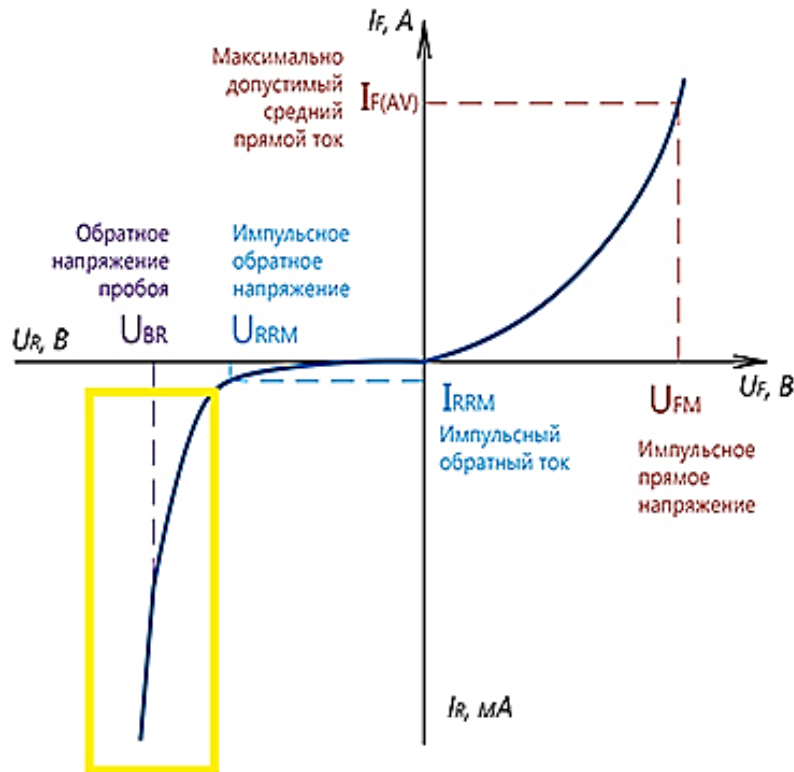


ПРИМЕР: Лавинные диоды - выпрямительные диоды

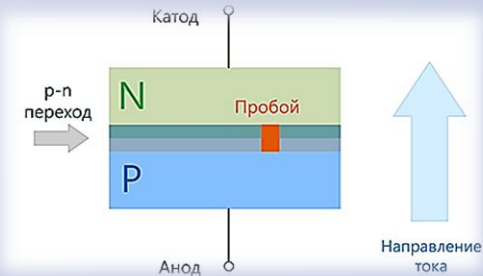
Лавинные называются потому, что они обладают контролируемым лавинообразованием. Лавинные диоды допускают в течение длительного интервала времени работу в области электрического лавинного пробоя на обратной ветви вольт-амперной характеристики.



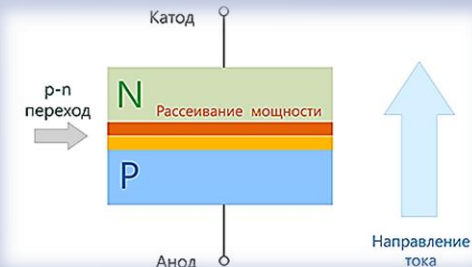
Суть лавинообразования в том, что, когда на диод воздействует обратное напряжение, большее, чем напряжение пробоя, обратный ток резко возрастает.



Вольт-амперная характеристика



В обычном, не лавинном диоде, ток сосредотачивается в отдельных точках р-п-перехода и происходит местный тепловой пробой – обычный диод выходит со строя.



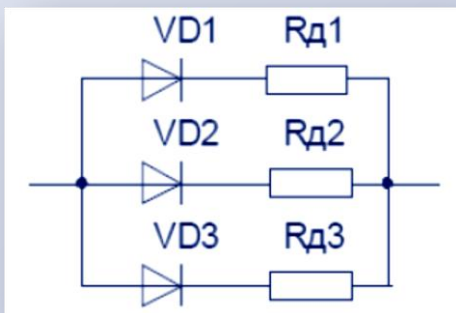
В лавинном диоде обратный ток равномерно распределяется по поверхности р-п-перехода, за счет чего диод способен рассеивать импульс мощности.

Лавинные диоды эффективно применяются для защиты цепей от импульсных перегрузок по напряжению.

СОЕДИНЕНИЯ ДИОДОВ

Параллельное

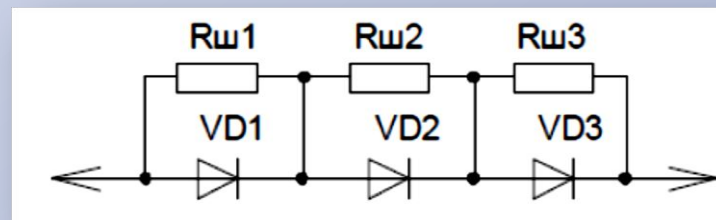
Если выпрямленный ток больше максимально допустимого прямого тока диода.



Добавочные сопротивления R_d величиной от единиц до десятков Ом включаются с целью выравнивания токов в каждой из ветвей.

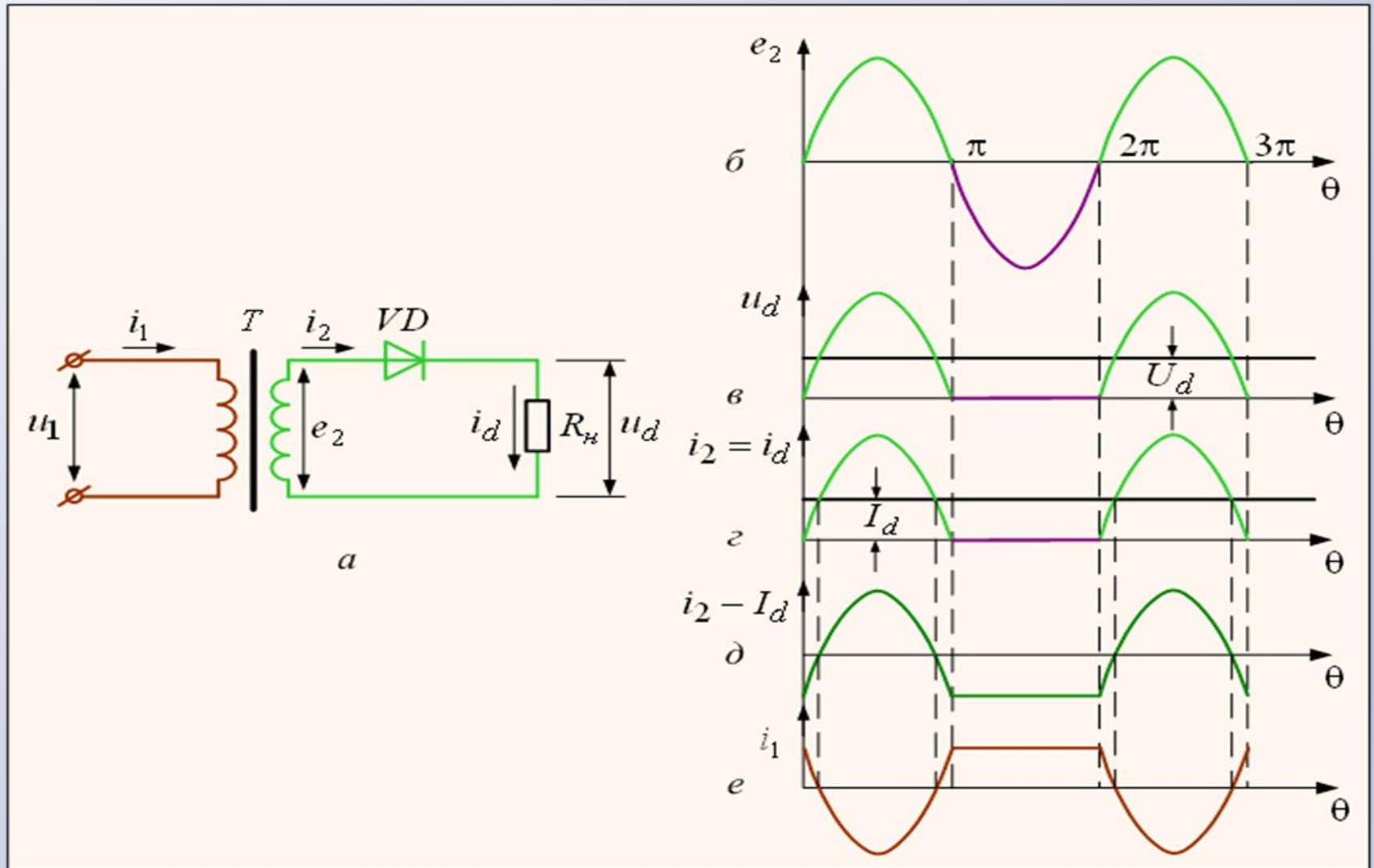
Последовательное

Если напряжение в цепи превосходит максимально допустимое обратное напряжение диода.



Шунтирующие сопротивления величиной несколько сот кОм включают для выравнивания падения напряжения на каждом из диодов.

1. Однофазный однополупериодный выпрямитель



Коэффициент пульсаций:

$$k_{\Pi} = U_{m1} / U_{\text{cp}},$$

U_{m1} – амплитуда первой гармоники переменного напряжения на нагрузке;
 U_{cp} – среднее значение напряжения на нагрузке.

$$U_{m1} = 0,5 \cdot U_m = 1,57 \cdot U_{\text{cp}} \quad \text{– для однополупериодного выпрямителя}$$

$$k_n = 1,57$$

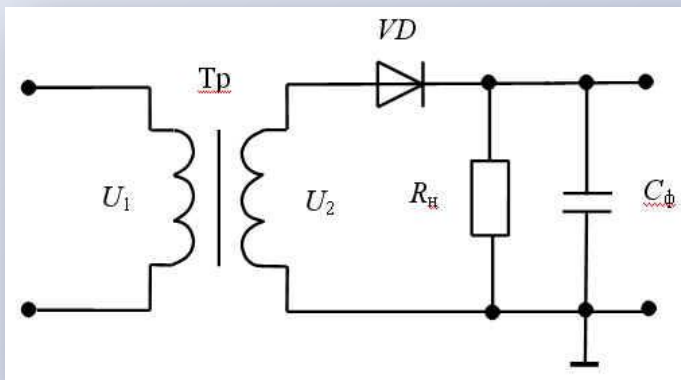
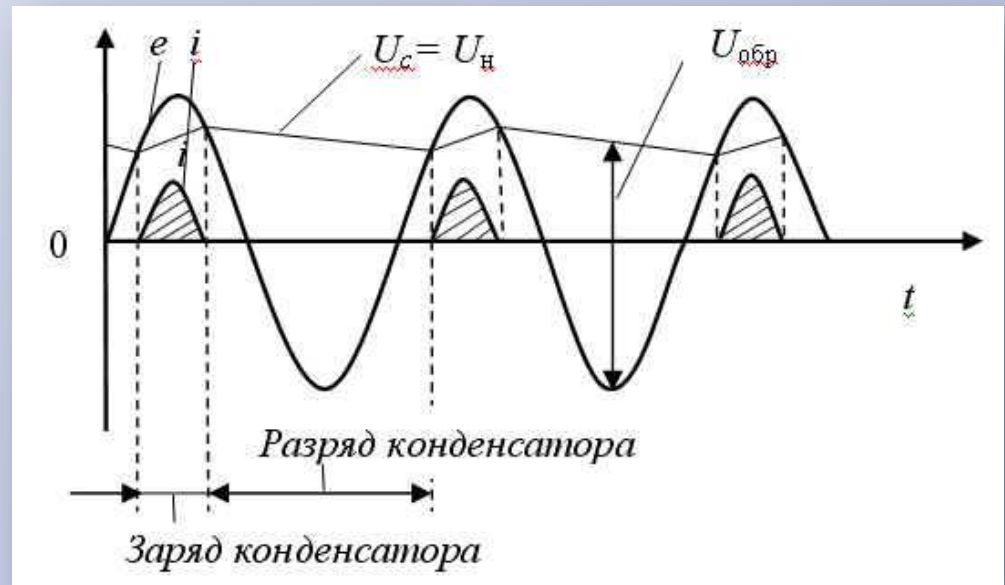
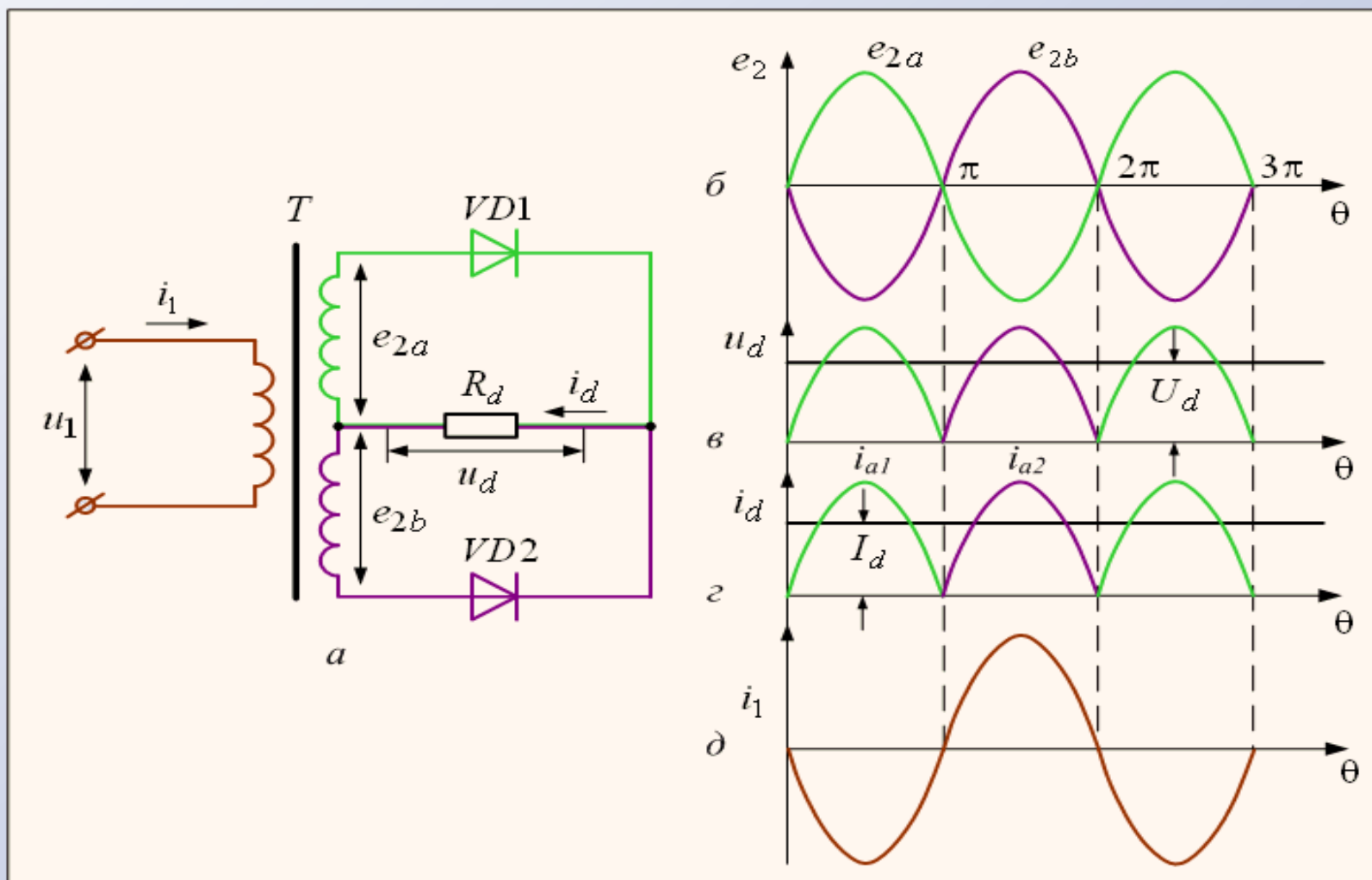


Схема выпрямителя
со сглаживающим фильтром

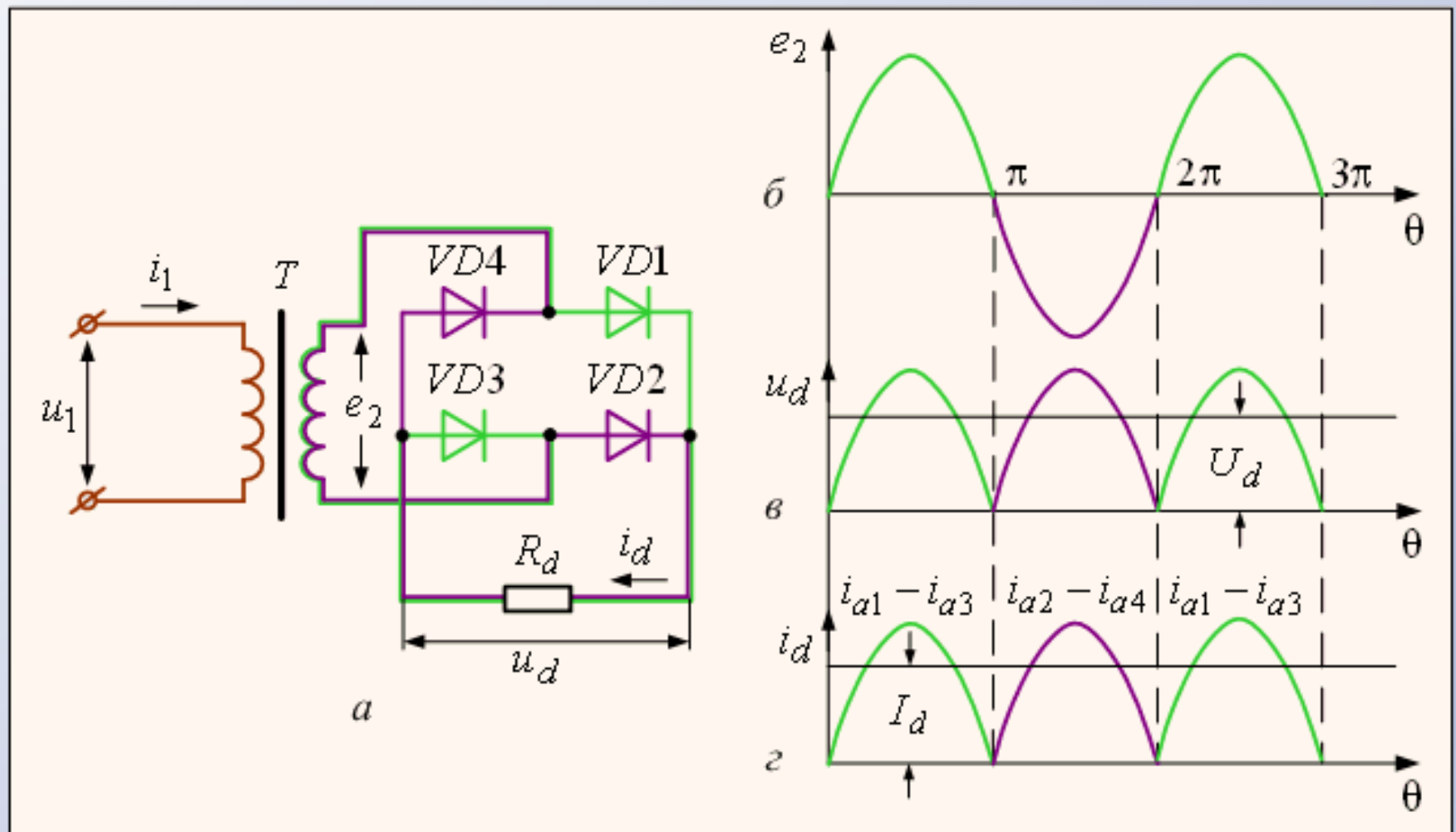


Сглаживание пульсаций
с помощью конденсатора

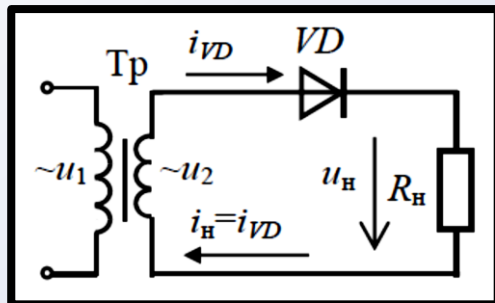
2. Однофазный двухполупериодный выпрямитель со средней точкой



3. Однофазный мостовой выпрямитель



1. Однофазный однополупериодный выпрямитель



Достоинства схемы:

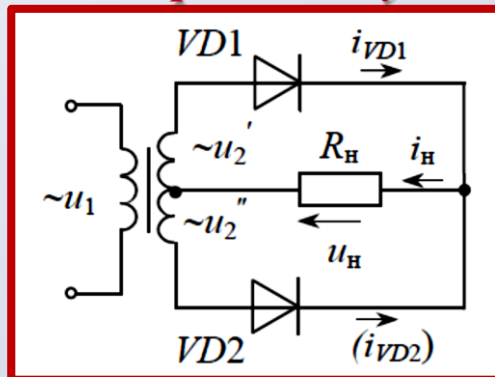
- 1) Простота;
- 2) Дешевизна;
- 3) Надежность.

Недостатки схемы:

- 1) Значительные пульсации выпрямленного напряжения;
- 2) Подмагничивание сердечника трансформатора постоянной составляющей выпрямленного тока.



2. Однофазный двухполупериодный выпрямитель со средней точкой



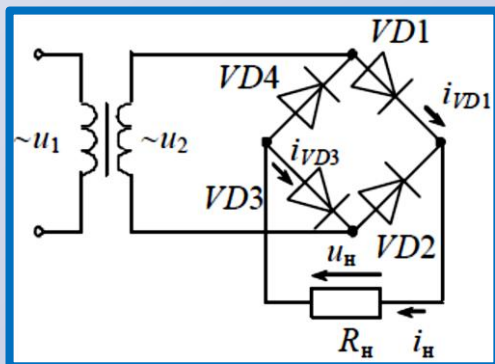
Достоинства схемы:

- 1) Меньшие пульсации выпрямленного напряжения;
- 2) Значения выпрямленного тока и напряжения в два раза больше, чем в однополупериодной схеме.

Недостаток схемы:

- 1) сложный в изготовлении трансформатор.

3. Однофазный мостовой выпрямитель



Достоинства схемы:

- 1) Меньшие пульсации выпрямленного напряжения;
- 2) Значения выпрямленного тока и напряжения в два раза больше, чем в однополупериодной схеме.

Недостаток схемы:

- 1) Большое количество вентиляей.



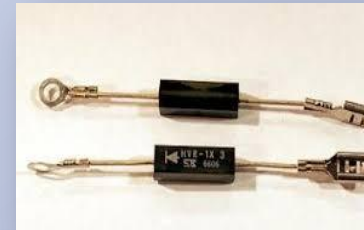
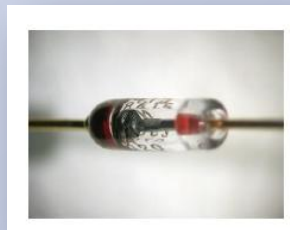
9.2 ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ (УНИВЕРСАЛЬНЫЕ) И ИМПУЛЬСНЫЕ ДИОДЫ

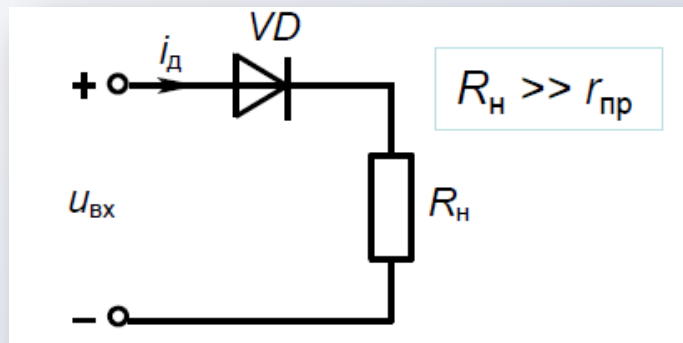
Высокочастотные (универсальные) и импульсные диоды применяют для выпрямления токов, модуляции и детектирования сигналов с частотами до нескольких сотен мегагерц.

**Состояния
электрического
ключа**

1) *замкнутое, когда его сопротивление равно нулю $R_{VD} = 0$;*

2) *разомкнутое, когда его сопротивление бесконечно $R_{VD} = \infty$.*



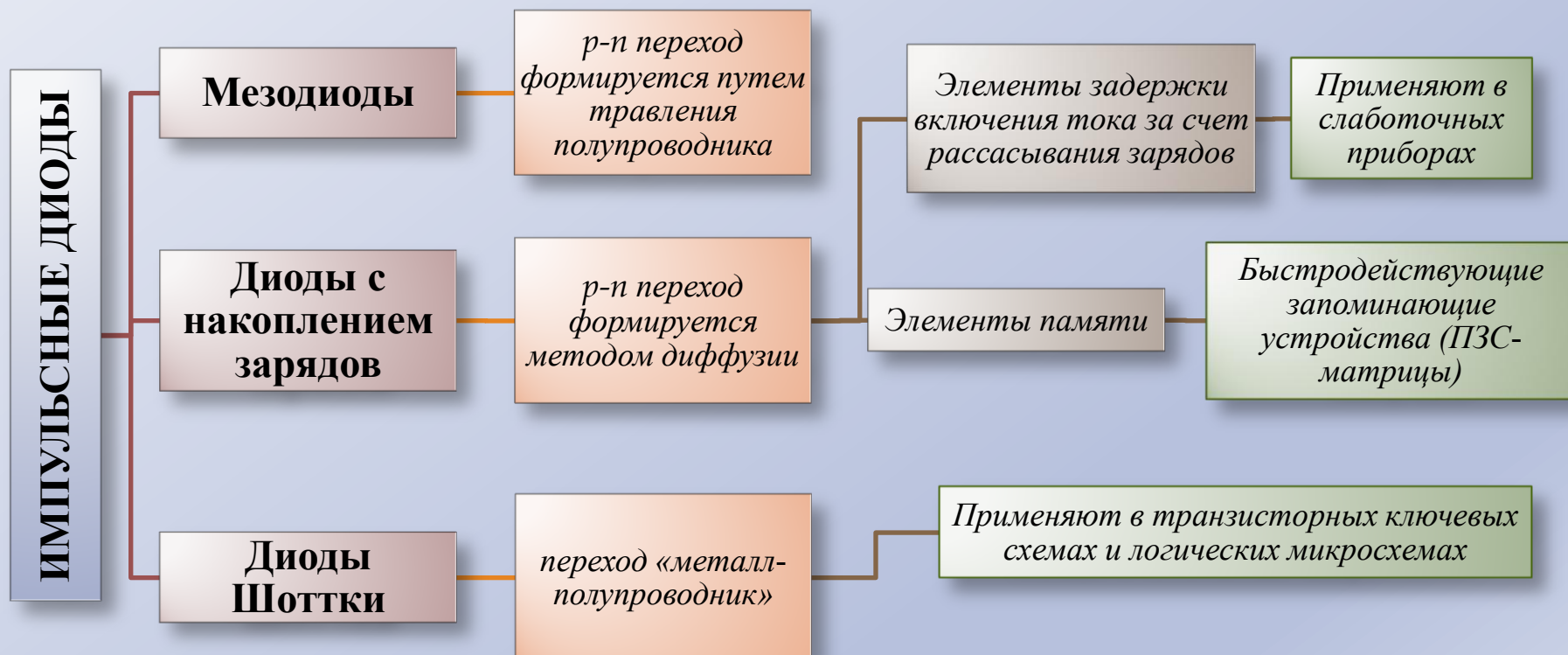


Скорость (время) переключения
ограничено:

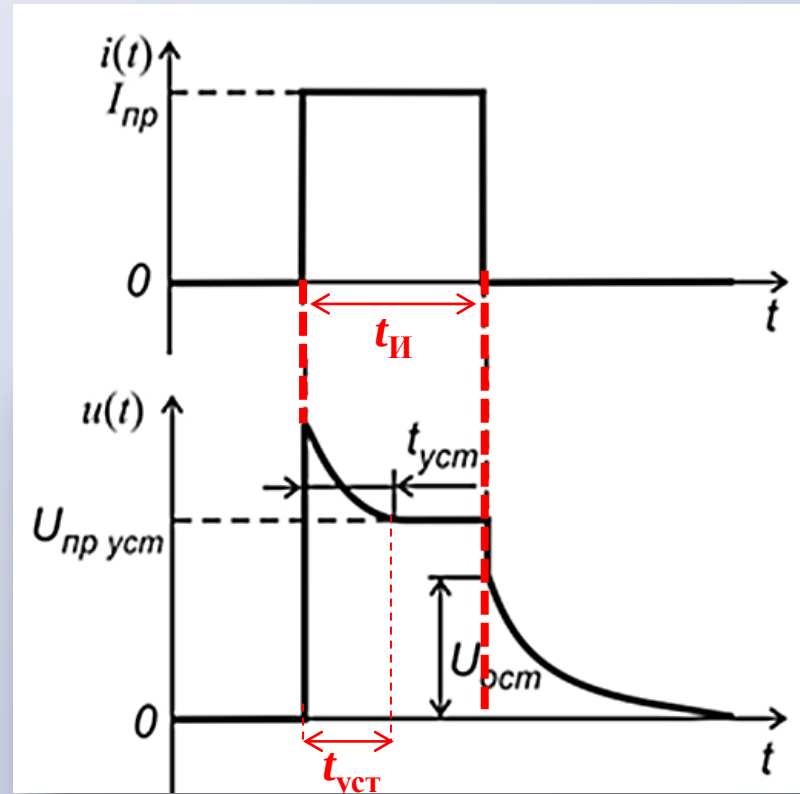
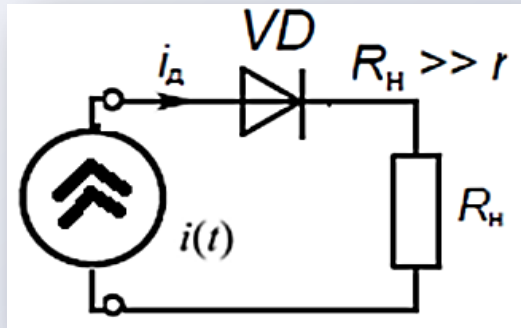
а) ёмкостью диода.

б) скоростью диффузии и связанной с ней временем накопления и рассасывания неосновных носителей заряда.

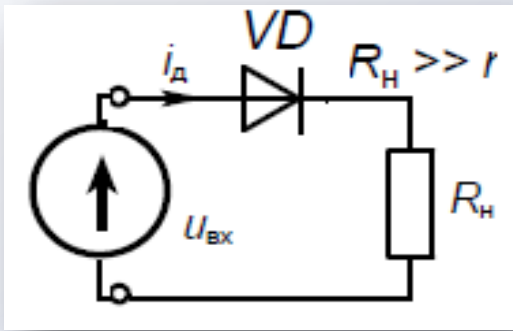
Основные виды импульсных диодов:



Параметры, характеризующие быстроедействие переключения

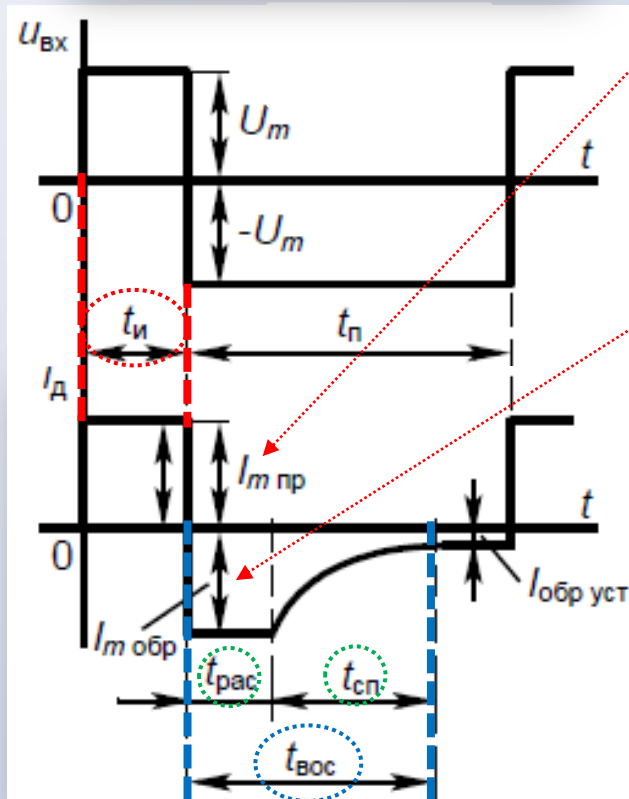


1. Время установления прямого напряжения на диоде ($t_{уст}$) – время, за которое напряжение на диоде при включении прямого тока достигает своего стационарного значения с заданной точностью. Оно связано с накоплением в базе неосновных носителей заряда инжектируемых эмиттером, которые снижают прямое сопротивление диода.



$$U_{BX} > 0 \rightarrow I_{m\text{ пр}} \cong \frac{U_m}{R_H}$$

$$U_{BX} < 0 \rightarrow I_{m\text{ обр}} \cong -\frac{U_m}{R_H}$$



2. Время восстановления обратного сопротивления диода ($t_{\text{вос}}$) - время, в течение которого обратный ток диода после переключения полярности приложенного напряжения с прямого на обратное достигает своего стационарного значения с заданной точностью. Оно связано с рассасыванием из базы неосновных носителей заряда накопленных при протекании прямого тока.

$$t_{\text{вос}} = t_{\text{рас}} + t_{\text{сп}},$$

$t_{\text{рас}}$ - время за которое концентрация неосновных носителей заряда на границе р-п перехода обращается в ноль,

$t_{\text{сп}}$ - время разряда диффузионной емкости, связанное рассасыванием неосновных зарядов в объеме базы диода.

В целом время восстановление это время выключения диода, как ключа.

Причина возникновения обратного импульса – разряд диффузионной емкости.

Чем меньше $t_{\text{вос}}$, тем лучше (т.е. диод быстрее запирается).

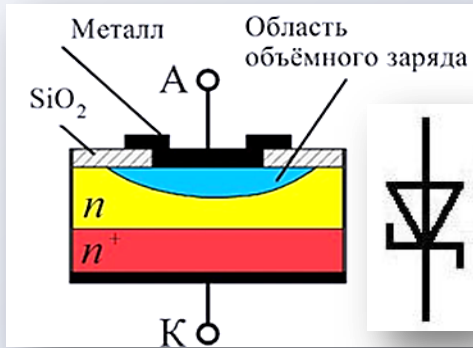
Для уменьшения $t_{\text{вос}}$

- *уменьшить объем полупроводниковой структуры*
- *увеличить скорость рекомбинации неосновных носителей* (достигается технологией изготовления импульсных диодов: введением в исходный материал нейтральных примесей, чаще всего золота (Au), для создания так называемых «ловушек» – центров рекомбинации.)

Основные параметры импульсных диодов:

1. $t_{\text{вос}}$ – *время восстановления (доли мкс);*
2. C_d – *емкость диода (доли $n\Phi \div$ неск. $n\Phi$);*
3. $U_{\text{пр max}}$ – *максимальное постоянное напряжение;*
4. $I_{\text{пр max}}$ – *максимальные постоянный или импульсный прямой токи;*
5. $U_{\text{обр max}}$ – *максимальное допустимое постоянное или импульсное обратное напряжение;*
6. $t_{\text{уст}}$ – *время установления прямого напряжения диода ($\leq$ доли мкс) – временной интервал от момента подачи импульса прямого тока на диод до достижения заданного значения прямого напряжения на нем.*

Диоды Шоттки

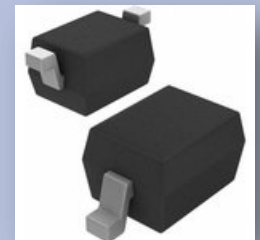
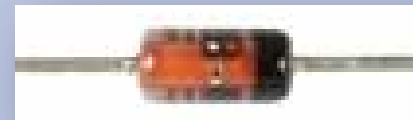
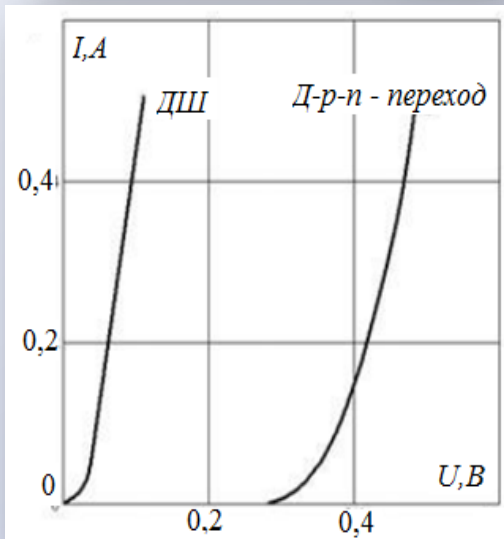


Преимущества и недостатки

- + построены на переходе металл-полупроводник,
- + имеют малое прямое напряжение $\approx 0,25 \div 0,5 \text{ В}$,
- + практическое отсутствие заряда восстановления,
- + ток через переход обусловлен одним типом носителей,
- + быстродействующие приборы (до 20 ГГц),
- небольшое обратное напряжение ($U_{обр} < 250 \text{ В}$),
- большие обратные токи.

ПРИМЕНЕНИЕ

- ✓ в качестве логарифмирующих диодов, импульсных и высокочастотных диодов;
- ✓ для создания высокоскоростных логических элементов;
- ✓ в импульсных источниках питания;
- ✓ в выпрямителях больших токов (десятки $\div$ сотни А) при частотах выпрямления до 300 МГц;
- ✓ в транзисторных ключевых схемах;
- ✓ в логических микросхемах.

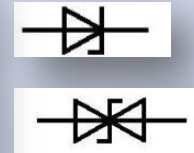
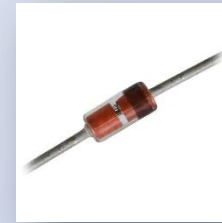


9.3 СТАБИЛИТРОНЫ

Стабилитрон (диод Зенера) – полупроводниковый диод, работающий при обратном смещении в режиме пробоя.

Применяется для стабилизации постоянного напряжения.

Используются в источниках электропитания.



Основные параметры стабилитронов:

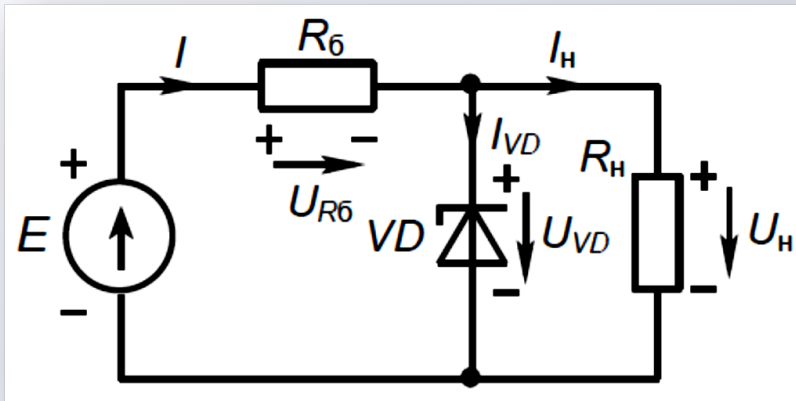
1. $U_{ст}$ – **напряжение стабилизации**, возникающее на стабилитроне при протекании через него заданного тока стабилизации $I_{ст}$ (единицы ÷ десятки В);
2. $I_{ст min}$, $I_{ст max}$ – **минимальный** (доли ÷ десятки мА) и **максимальный** (единицы мА ÷ единицы А) **токи стабилитрона**, соответственно;
3. $r_{диф}$ – **дифференциальное сопротивление** в режиме стабилизации (доли ÷ тысячи Ом) ($r_{диф} = \Delta U_{ст} / \Delta I_{ст}$);
4. **Температурный коэффициент напряжения (ТКН)** стабилизации, характеризует изменение $U_{ст}$ с изменением температуры, т.е. показывает относительное изменение напряжения на 1 градус в %:

$$ТКН = \frac{\Delta U_{ст}}{U_{ст} \Delta T} 100\%$$

5. **Максимальная мощность рассеяния**, при которой еще не наступает тепловой пробой p-n перехода

5 В < $U_{ст}$ < 400 В ($U_{ст}$ < 5 В – при туннельном пробое; $U_{ст}$ > 5 В – при лавинном пробое); 250 мВт < P < 50 Вт

Параметрический стабилизатор напряжения



R_6 – балластный резистор.

$$I = I_{VD} + I_H; \quad E = I \cdot R_6 + U_{VD}.$$

Принцип действия. При изменении напряжения E будет меняться ток стабилитрона I_{VD} , но напряжение на нем, а, следовательно, напряжение на R_H будет практически постоянным.

Балластное сопротивление:

- ограничивает ток через стабилитрон, что предотвращает переход электрического пробоя в тепловой;
- принимает на себя «излишки» напряжения, возникающие при изменении питания и сопротивления нагрузки

$$R_6 = \frac{E_{cp} - U_{ct}}{I_{cp} + I_H},$$

$E_{cp} = 0,5(E_{min} + E_{max})$ – среднее напряжение источника;
 $I_{ct} = I_{cp} = 0,5(I_{ct\ min} + I_{ct\ max})$ – средний ток стабилитрона;
 $I_H = U_{ct}/R_H$ – ток нагрузки.

Выходное сопротивление стабилизатора: $R_{вых} = R_6 \parallel r_{ct}$.

$$r_{ct} = \frac{\Delta U_{ct}}{\Delta I_{ct}}$$

- динамическое сопротивление стабилитрона.



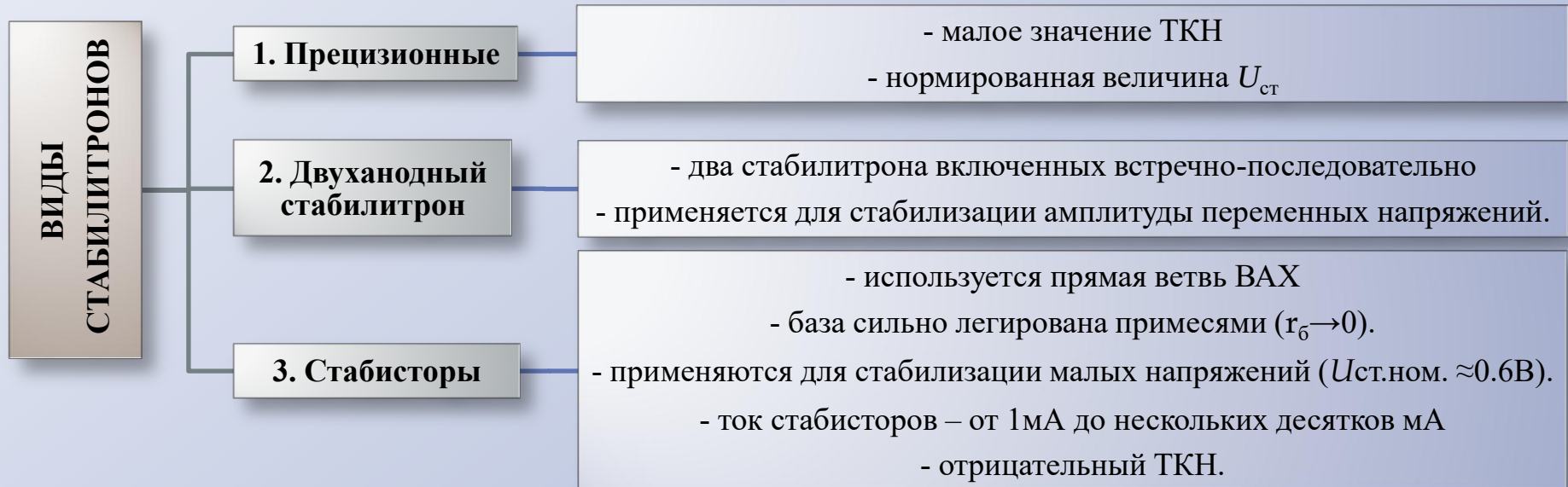
Коэффициент стабилизации - показывает во сколько раз, относительное изменение напряжения на выходе схемы стабилизации меньше, чем относительное изменение напряжения на входе.

$$K_{\text{ст}} = \frac{\Delta E}{E} / \frac{\Delta U_{\text{н}}}{U_{\text{н}}}.$$

$K_{\text{ст}}$ = обычно $20 \div 50$.

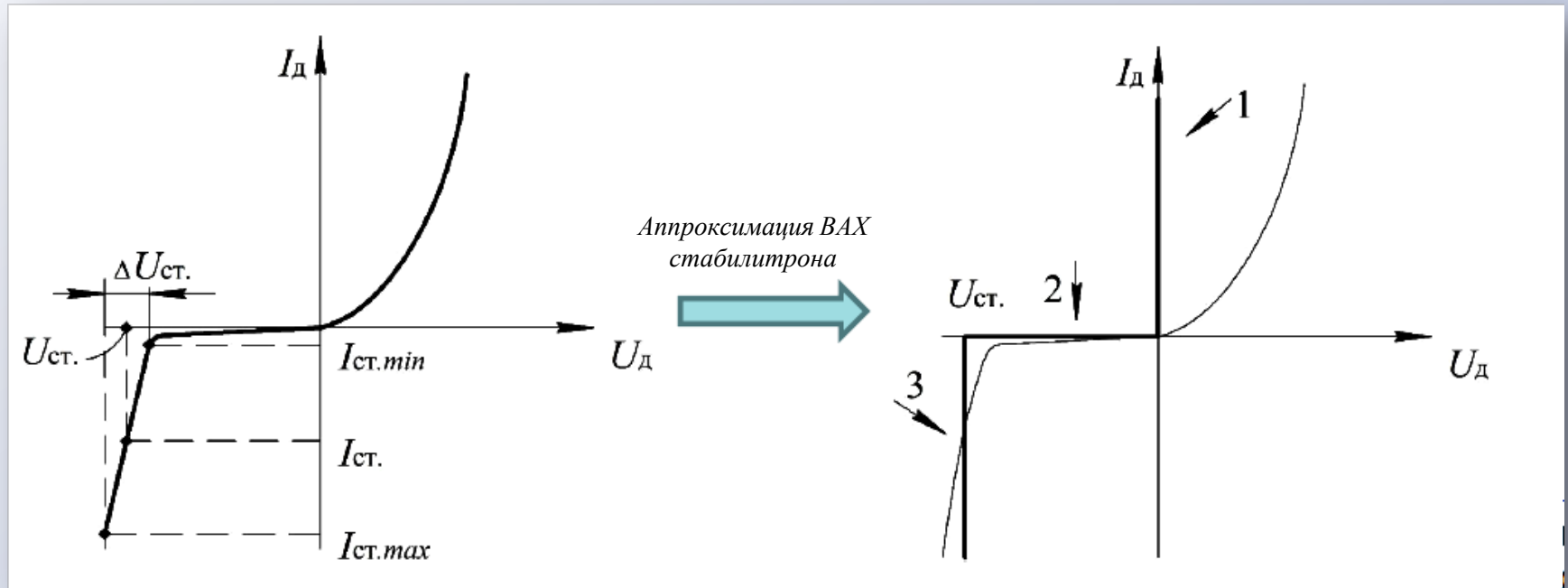
КПД схемы не высок при больших токах вследствие потерь на балластном сопротивлении.

Основные виды стабилитронов:



Простейшая схема замещения стабилитрона

В практических расчетах ВАХ стабилитрона аппроксимируют прямыми линиями.



Участки 1 и 2 включен и выключен диода

Участок 3 – режим стабилизации напряжения. В этом режиме стабилитрон представляется ЭДС (источником напряжения) с напряжением $U_{ст.}$

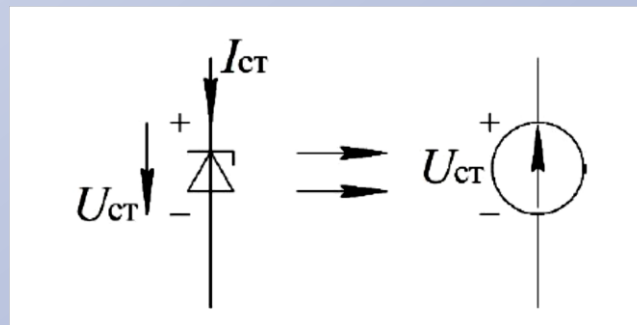


Схема замещения стабилитрона в режиме стабилизации

9.4 ВАРИКАП

Варикап – это полупроводниковый диод, предназначенный для использования в качестве конденсатора с управляемой емкостью.

$$C = C_0 \cdot \left[\frac{U_k}{U_k + |U|} \right]^{\frac{1}{n}},$$

$$C_0 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S_{p-n}}{l_{p-n}}$$

$n=2$ для резких и $n=3$ для плавных переходов;

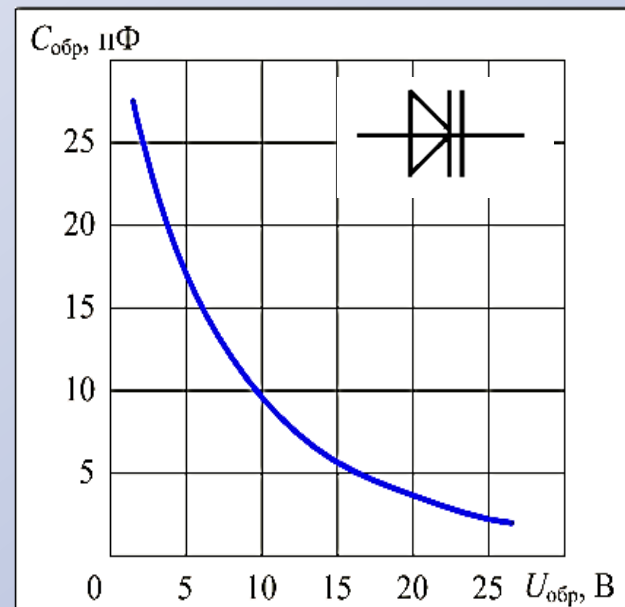
U_k – значение контактной разности потенциалов;

U – приложенное обратное напряжение;

C_0 – начальная емкость p – n –перехода.

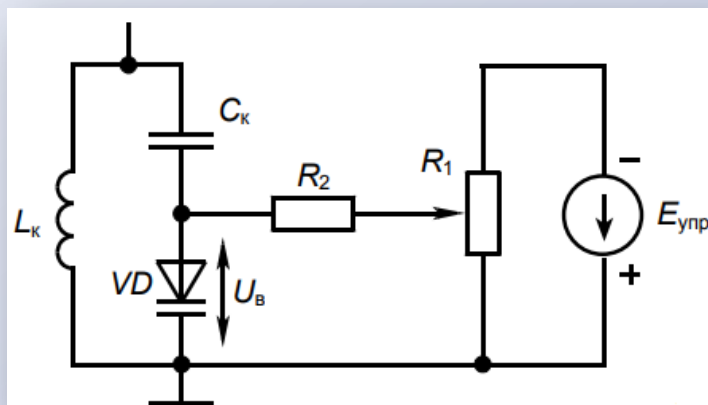
Основные параметры варикапа:

1. C_v – **номинальная емкость варикапа**, измеренная при определенном обратном напряжении (измеряется при $U_{обр}=5В$ и составляет десятки –сотни пФ);
2. $K_{\Pi} = C_{v \max} / C_{v \min}$ – **коэффициент перекрытия по емкости** при двух заданных $U_{обр}$ (единицы ÷десятки) ($K_{\Pi}=5-8$).
3. **Добротность варикапа** $Q=X_c/R_n$, где X_c – реактивное сопротивление варикапа; R_n – сопротивление активных потерь;
4. $I_{обр}$ – **постоянный ток**, протекающий через варикап в **обратном** направлении при заданном обратном напряжении.



ПРИМЕНЕНИЕ

- ✓ для электрической настройки колебательных контуров в диапазоне дециметровых и сантиметровых волн (от 300 МГц до 30 ГГц)
- ✓ для формирования радиосигналов с линейной частотной модуляцией



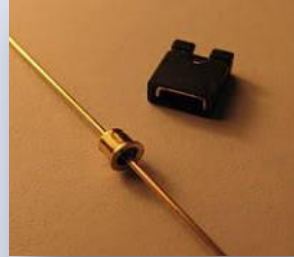
Резонансный (параллельный) колебательный контур перестраивается при изменении напряжения на варикапе U_B . Резистор R_2 выбирается достаточно большим, чтобы цепь управления не оказывала влияние на добротность контура.



9.5 ТУННЕЛЬНЫЙ ДИОД

Туннельный диод или диод Эсаки (изобретён Лео Эсаки в 1957 году) — это диод, на ВАХ которого имеется участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением.

- ✓ **1 p^+-n^+ переход,**
- ✓ **высокая концентрация примесей**
(до 10^{25} - 10^{27} м⁻³)
- ✓ **обедненный слой - тонкий**
(доли единицы мкм).

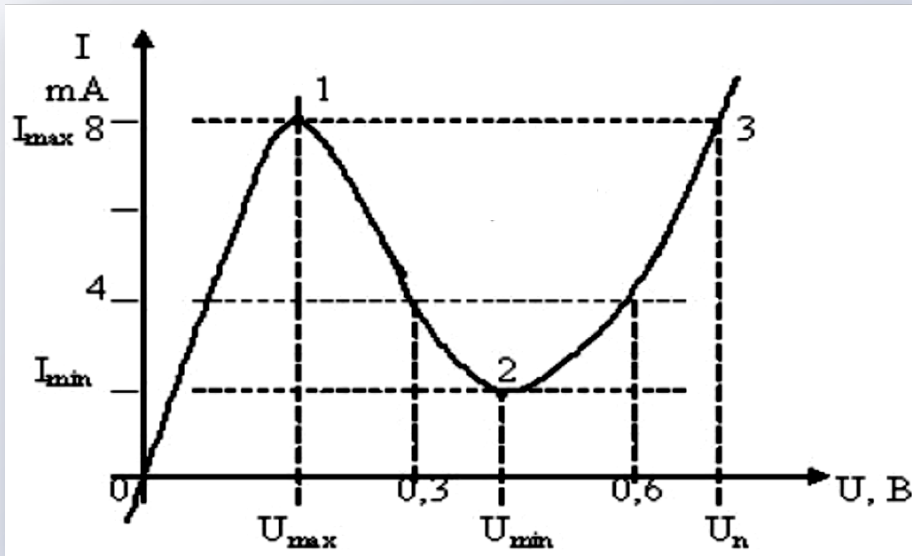


туннельный эффект: носители зарядов (электроны и дырки), имеющие **меньшую энергию, чем высота потенциального барьера**, могут проникать сквозь этот барьер (туннелировать) вследствие волновых свойств частиц.

Преимущества и недостатки

- + *работают на очень высоких частотах (сотни МГц – 30 ÷ 100 ГГц);*
- + *работают в широком диапазоне температур (от 4,2 до 620 К);*
- + *особая вольтамперная характеристика в определенном интервале напряжений;*
- + *уникальное быстроедействие, малая инерционность;*
- + *устойчивость к ионизирующему излучению;*
- + *сниженное потребление электроэнергии от источника электропитания;*
- + *компактные размеры (изделия в герметичных корпусах цилиндрической формы диаметром 3-4 мм, высотой 2 мм и массой менее 1 грамма).*
- *значительное старение, приводящее к изменению их свойств, а следовательно, к нарушению нормальной функциональности устройства;*
- *утрата прежних параметров не только из-за превышенных рабочих режимов, но даже из-за длительного хранения;*

ВАХ туннельного диода:



Участок 1 – 2 –
дифференциальное отрицательное
сопротивление диода (десятки –
сотни) Ом.

$$r_{\text{диф}} = - \frac{\Delta U_{AB}}{\Delta I_{AB}}$$

Участки 0 – 1 - 2

$(U_{\text{обр}} - U_{\text{min}})$ - область действия туннельного механизма переноса носителей заряда

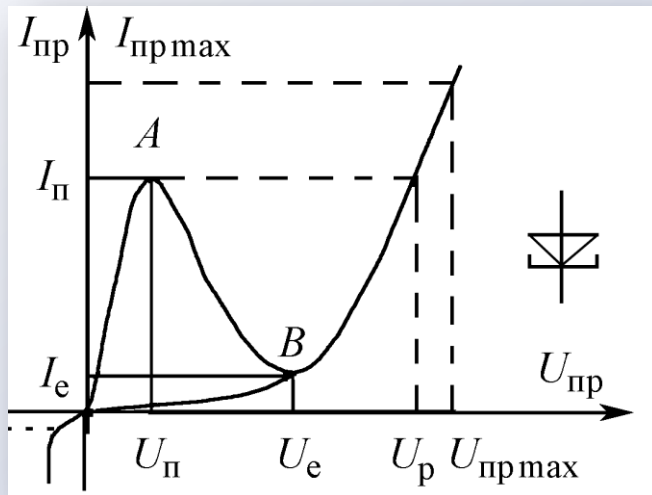
- $(U_{\text{обр}} - U_{\text{max}})$ – сопротивление диода мало;
- $(0 - U_{\text{max}})$ - туннельный ток диода растет до значения I_{max} ,
- $(U_{\text{max}} - U_{\text{min}})$ - туннельный ток диода снижается до значения I_{min}
туннельный эффект прекращается.

Участок 2 – 3

- $(U_{\text{min}} - U_n)$ - проявляется **инжекция носителей тока** через прямо смещенный p – n -переход, потенциальный барьер перехода снижается, увеличивается прямой ток, обусловленный диффузией зарядов.



Основные параметры туннельного диода:



1. **пиковый ток I_n** - прямой ток в точке максимума ВАХ;
2. **ток впадины I_e** - прямой ток в точке минимума его характеристики;
3. **напряжение пика U_n** - прямое напряжение, соответствующее току пика;
4. **напряжение впадины U_e** - прямое напряжение, соответствующее току впадины;
5. **удельная емкость C/I_n** ;
6. **дифференциальное сопротивление;**

7. **резонансная частота туннельного диода f_0** - расчетная частота, при которой общее реактивное сопротивление p-n-перехода и индуктивности корпуса туннельного диода обращается в нуль;

8. **предельная резистивная частота f_R** - расчетная частота, при которой активная составляющая полного сопротивления последовательной цепи, состоящей из p-n-перехода и сопротивления потерь, обращается в нуль;

9. **шумовая постоянная туннельного диода $K_{ш}$** - величина, определяющая коэффициент шума диода;

10. **напряжение раствора U_p** — прямое напряжение, большее напряжения впадины, при котором ток равен пиковому.

Основные виды туннельных диодов:

ТУННЕЛЬНЫЕ ДИОДЫ

(по применению в
устройствах)

Усилительные

Генераторные

Переключательные

важна линейность участка
отрицательного
дифференциального
сопротивления, поскольку это
обеспечивает отсутствие гармоник
в генерируемом сигнале

важной является крутизна
участка отрицательного
дифференциального
сопротивления

ПРИМЕНЕНИЕ

- ✓ В качестве генераторов СВЧ-колебаний на частотах от 10 до 100 ГГц;
- ✓ в качестве **высокоскоростного выключателя**;
- ✓ в роли **усилителя**, в котором повышение напряжения вызывает более значительный рост тока, по сравнению со стандартными диодными устройствами;
- ✓ для **получения и усиления электромагнитных колебаний**;
- ✓ в радиоэлектронных переключающих и импульсных устройствах различного назначения, для которых актуально высокое быстродействие.

СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ

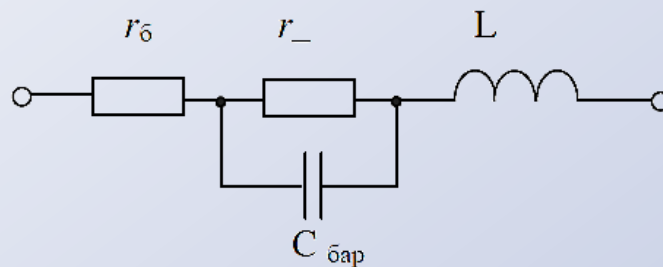
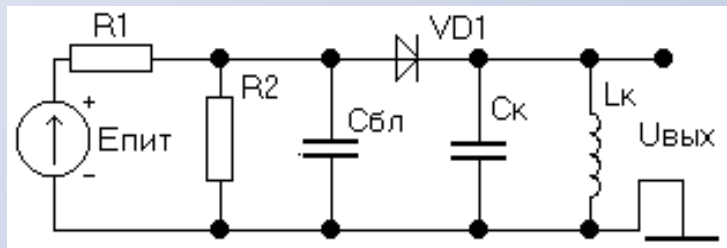


Схема генератора гармонических колебаний на туннельном диоде



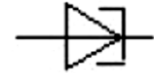
$R1$, $R2$ – резисторы, задают рабочую точку туннельного диода на середине участка ВАХ с отрицательным сопротивлением;

L_k , C_k – колебательный контур;

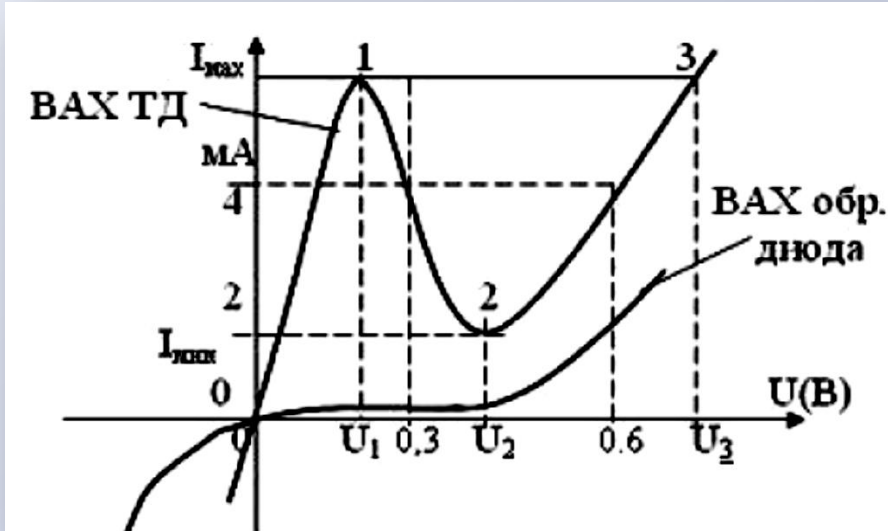
$C_{бл}$ - ёмкость блокировочная, по переменной составляющей она подключает туннельный диод параллельно к колебательному контуру.

Туннельный диод, включённый параллельно колебательному контуру **компенсирует своим отрицательным сопротивлением сопротивление потерь колебательного контура**, а потому колебания в нем могут продолжаться бесконечно долго.

Обращенные диоды



- концентрация примесей несколько меньше чем в туннельных диодах;
- **отсутствует участок с отрицательным сопротивлением;**
- на прямой ветви до напряжений 0,3-0,4 В имеется практически горизонтальный участок с малым прямым током;
- **ток обратной ветви** начиная с малых напряжений, за счет туннельного пробоя, резко возрастает.
- используются для выпрямления СВЧ сигналов малых амплитуд (100-300) мВ.

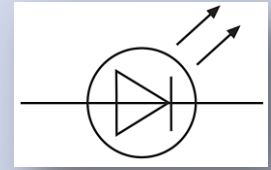


Для малых переменных сигналов:

- **прямая ветвь ВАХ** - диод не проводит ток,
- **обратная ветвь ВАХ** – диод ток проводит.

9.6 СВЕТОДИОДЫ

Светодиод - полупроводниковый прибор с p-n переходом способный преобразовывать электрическую энергию в световую.



Работа светодиодов основана на **инжекционной электролюминесценции**, т.е. на **генерации оптического излучения в p-n переходе**, находящемся под **прямым внешним напряжением**. Под воздействием внешней энергии электроны в атомах переходят в возбужденное состояние с более высоким уровнем энергии W_2 , называемым **метастабильным уровнем возбуждения**. При возвращении этих электронов с метастабильного уровня W_2 происходит испускание фотонов с длиной волны

$$\lambda = 1,23 (W_2 - W_1).$$

Основные параметры светодиода:

- 1. Цвет** (температура свечения) светодиода определяется полупроводниковым материалом, используемым в его конструкции. Температура свечения светодиода измеряется в градусах Кельвина (К) и определяет теплоту или холодность света, который испускает светодиод. Более низкие значения температуры свечения обычно соответствуют теплему, желтому оттенку, тогда как более высокие значения соответствуют холодному, синеватому оттенку.
- 2. Сила света** (эффективность) светодиода измеряется в люменах (Лм) и обозначает его яркость. Она зависит от пропускной способности полупроводникового материала и эффективности перехода (конверсии) электрической энергии в световую. Высокая эффективность означает, что светодиод производит более яркий свет при меньшем потреблении энергии.
- 3. Мощность** - количество энергии, потребляемое светодиодом за единицу времени и измеряется в ваттах (Вт). Мощность светодиода является важным фактором, который следует учитывать при проектировании и использовании для предотвращения перегрева.
- 4. Ток прямого включения** - сила постоянного тока, которая должна протекать через светодиод при нормальной работе. Он измеряется в амперах (А). Следует соблюдать предельные значения тока прямого включения, указанные производителем, чтобы избежать повреждения светодиода.
- 5. Напряжение прямого включения**, необходимое для начала прямого тока через светодиод. Оно обычно указывается в вольтах (В) и может меняться в зависимости от типа светодиода и материала, используемого для его изготовления.
- 6. Скорость коммутации** - время, за которое светодиод может переключиться между светящимся и несветящимся состояниями.
- 7. Угол излучения** определяет направленность света, который испускается светодиодом, измеряется в градусах (°). **Узкий угол** излучения означает более направленный свет, подходящий для точечной или направленной подсветки. **Широкий угол** излучения позволяет светодиоду рассеивать свет равномерно по большей площади, идеально подходит для общего освещения.

Основные виды светодиодов:

ВИДЫ СВЕТОДИОДОВ

По конструкции

Светодиоды DIP

Светодиоды DIP (Dual In-line Package) — корпус представляет собой колбу из стекла или прозрачного пластика, внутри которой расположен один полупроводниковый кристалл, а на выходе имеются две параллельные металлические ножки.



Светодиоды «Пиранья»

Светодиод «Пиранья» - корпус устройства оснащен четырьмя штырьковыми контактами, отдаленно напоминающими зубы пираньи.



Светодиоды SMD

Светодиоды SMD (Surface Mount Device) — это более современная конструкция светодиода, предназначенная для поверхностного монтажа на печатные платы.



Светодиоды COB

Светодиоды COB (Chip on Board) - это конструкция, при которой несколько светодиодных чипов монтируются на небольшом керамическом или алюминиевом основании.



Светодиоды COG

Светодиоды COG (Chip on Glass) - это современная конструкция, в которой множество мелких светодиодов расположены на прозрачной подложке из специального стекла или искусственного сапфира, сверху покрытых слоем люминофора.



Светодиоды органические, OLED

Светодиоды OLED (Organic Light-Emitting Diode) - это конструкция, которая использует тонкие органические слои, способные излучать свет при подаче электрического тока.



Основные виды светодиодов:

ВИДЫ СВЕТОДИОДОВ

По излучению

Светодиоды
видимого спектра

Красные светодиоды

Синие светодиоды

Зеленые светодиоды

Желтые светодиоды

Оранжевые светодиоды

Фиолетовые светодиоды

Белые светодиоды

Инфракрасные
светодиоды

Инфракрасные светодиоды (ИК-диоды) излучают инфракрасное излучение с длиной волны от 760 до 1400 нм, невидимой для человеческого глаза (длина волны больше, чем видимый свет).

Ультрафиолетовые
светодиоды

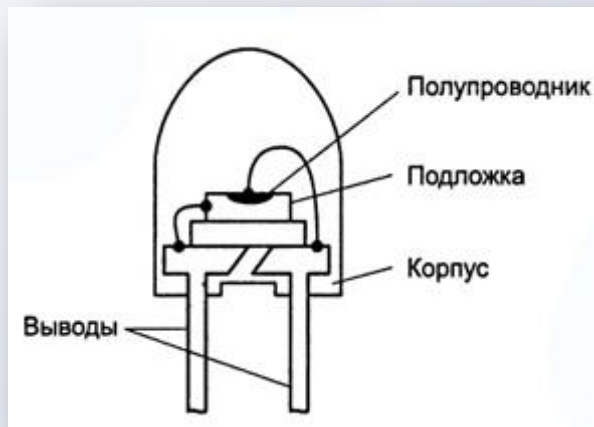
Ультрафиолетовые светодиоды (УФ-диоды) — работают в невидимом человеческому глазу ультрафиолетовом спектральном диапазоне, т.е. с длинами волн от 100 нанометров до примерно 400-450 нанометров (длина волны меньше, чем видимый свет).



Основные характеристики светодиодов видимого спектра:

Цвет	Длина волны (нм)	Прямое напряжение (В)	Полупроводниковый материал
Инфракрасный	$\lambda > 760$	$\Delta U < 1,9$	Арсенид галлия (GaAs) (940 нм) Галлия арсенид-фосфид (GaAsP) (940 нм) Алюминия галлия арсенид (AlGaAs) (880 нм)
Красный	$610 < \lambda < 760$	$1,63 < \Delta U < 2,03$	Галлия(III) фосфид (GaP) (700 нм) Алюминия-галлия арсенид (AlGaAs) (660 нм) Алюминия-галлия-индия фосфид (AlGaInP) (625—630 нм) Галлия арсенид-фосфид (GaAsP), (625 нм) Синий светодиод, покрытый люминофором (PC red LED)
Оранжевый (янтарный)	$590 < \lambda < 610$	$2,03 < \Delta U < 2,10$	Алюминия-галлия-индия фосфид (AlGaInP) (601—609 нм) Галлия фосфид-арсенид (GaAsP) (607 нм) Синий светодиод, покрытый люминофором (PC amber LED)
Жёлтый	$570 < \lambda < 590$	$2,10 < \Delta U < 2,18$	Галлия арсенид-фосфид (GaAsP) (590 нм) Алюминия-галлия-индия фосфид (AlGaInP) (590 нм)
Зелёный	$500 < \lambda < 570$	$1,9^{[18]} < \Delta U < 4,0$	Галлия(III) фосфид (GaP) (568 нм) Алюминия-галлия-индия фосфид (AlGaInP) (570 нм) Алюминия-галлия фосфид (AlGaP) (570 нм) Индия-галлия нитрид (InGaN) (525 нм) Синий светодиод, покрытый люминофором (Lime LED)
Сине-зелёный ^[19]	$500 < \lambda < 510$	$2,48 < \Delta U < 3,7$	Индия-галлия нитрид (InGaN) (505 нм)
Синий	$450 < \lambda < 500$	$2,48 < \Delta U < 3,7$	Индия-галлия нитрид (InGaN) (450—470 нм) Селенид цинка (ZnSe) Карбид кремния (SiC) в качестве подложки Кремний (Si) в качестве подложки — (в разработке)
Фиолетовый	$400 < \lambda < 450$	$2,76 < \Delta U < 4,0$	Индия-галлия нитрид (InGaN) (405—440 нм)
Пурпурный	Смесь нескольких спектральных диапазонов	$2,48 < \Delta U < 3,7$	Синий светодиод с красным люминофором Двойной: синий и красный диоды в одном корпусе Белый светодиод с пурпурным светофильтром
Ультрафиолетовый	$\lambda < 400$	$3,1 < \Delta U < 4,4$	Алмаз (235 нм) ^[20] Нитрид бора (215 нм) ^{[21][22]} Нитрид алюминия (AlN) (210 нм) ^[23] Нитрид алюминия-галлия (AlGaInN) Нитрид алюминия-галлия-индия (AlGaInN) — (менее 210 нм) ^[24]
Белый	Широкий спектральный диапазон	$\Delta U \approx 3,5$	Синий (чаще), фиолетовый или ультрафиолетовый светодиод, покрытый люминофором Сочетание трёх светодиодов основных цветов (красный, синий, зелёный)

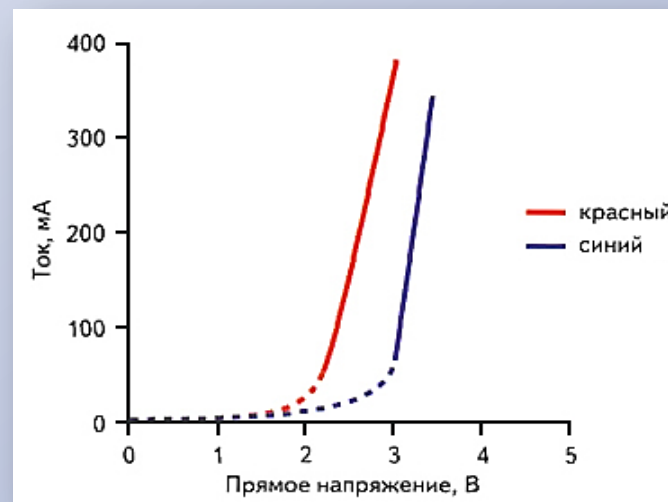
Основные компоненты светодиодов:



- ✓ **Кристалл полупроводника.** германий (Ge), галлий-арсенид (GaAs) или галлий-фосфид (GaP).
- ✓ **Контакты.** анод (p-область) и катод (n-область).
- ✓ **Корпус/линза.** прозрачный пластиковый или стеклянный корпус, который защищает полупроводник от внешних факторов и способствует распределению света.

ПРИМЕНЕНИЕ

- ✓ для световой индикации: *оптические сенсоры, лазеры, оптические волокна и акустооптические устройства;*
- ✓ *миниатюрные лампочки накаливания;*
- ✓ используют в карманных фонариках, в мобильных телефонах для подсветки клавиатуры, в автомобилях, в световых табло и в современных светофорах;
- ✓ используют в фитосветильниках и систем гидропоники, где их спектральные характеристики способствуют более эффективному росту растений, увеличению урожайности и сокращению затрат на энергию;
- ✓ применяются в биостимуляции, где определенные длины волн света стимулируют клеточные реакции и метаболические процессы.



Преимущества

- + яркое и чистое свечение,
- + удобство управления,
- + экономичность,
- + технологичность,
- + долговечность.